



ANALISIS BIBLIOMETRIK INFRASTRUKTUR PERKOTAAN BERKELANJUTAN: KAJIAN ILMIAH DAN KONTRUBUSINYA DI ERA MODERN

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SUSTAINABLE URBAN INFRASTRUCTURE: SCIENTIFIC STUDIES AND ITS CONTRUBUTIONS IN THE MODERN ERA

Azura Calista Shafa Kamila^{a*}, Nyoman Chandrikania Utama^a, Nabila Azzahra Tiara Diska^a, Rulli Pratiwi Setiawan^a, Eko Budi Santoso^a

^aInstitut Teknologi Sepuluh Nopember; Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

*Koresoondensi: azuracalista556@gmail.com

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 14 Desember 2023
- Artikel diterima: 27 Desember 2024
- Tersedia Online: 31 Desember 2024

ABSTRAK

Infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan merupakan elemen penting dalam menghadapi tantangan urbanisasi global yang terus berkembang. Menggunakan analisis bibliometrik, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami tren utama dalam penelitian. Melalui bantuan software VOSviewer, penelitian ini berhasil memetakan jaringan kolaborasi antar peneliti dan institusi, serta mengidentifikasi topik-topik dominan dalam literatur. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang ini terus meningkat, dengan fokus utama pada ekosistem dan infrastruktur hijau, GIS dan mobilitas, kota dan pemerintahan serta IoT dan Smart Cities. Temuan juga mengungkapkan bahwa meskipun banyak penelitian membahas mengenai "sustainability," topik seperti "stormwater management" masih relatif jarang dibahas. Ini menyoroti adanya potensi dan tantangan dalam penelitian ke depan. Implikasi dari hasil ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih terintegrasi dan kolaboratif, serta dukungan kebijakan yang proaktif untuk mendorong penelitian dan implementasi solusi infrastruktur yang lebih berkelanjutan. Rekomendasi spesifik meliputi peningkatan kerjasama internasional, pendanaan yang memadai, integrasi teknologi inovatif, dan peningkatan pendidikan serta kesadaran publik. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran menyeluruh tentang tren dan fokus penelitian saat ini, tetapi juga menawarkan panduan strategis bagi peneliti dan pembuat kebijakan untuk mencapai pembangunan perkotaan yang lebih berkelanjutan dan inklusif di masa depan.

Kata Kunci: Infrastruktur Perkotaan, Berkelanjutan, Analisis Bibliometrik, Vos Viewer

ABSTRACT

Sustainable urban infrastructure is a critical element in addressing the challenges of growing global urbanization. Using bibliometric analysis, this study aims to identify and understand key trends in research. With the help of VOSviewer software, this study successfully maps the collaborative network between researchers and institutions, and identifies dominant topics in the literature. The results of the analysis show that research in this area is increasing, with a major focus on ecosystems and green infrastructure, GIS and mobility, cities and governance, and IoT and Smart Cities. The findings also reveal that despite the large number of studies discussing "sustainability", topics such as "stormwater management" are still relatively rare. This highlights the enormous potential and challenges in future research. The implications of these results indicate the need for a more integrated and collaborative approach, as well as proactive policy support to encourage research and implementation of more sustainable infrastructure solutions. Specific recommendations include increasing international collaboration, broad thinking, integration of innovative technologies, and increasing public education and awareness. Thus, this study not only provides a comprehensive overview of current research trends and focuses, but also offers strategic guidance for researchers and policymakers to achieve more sustainable and inclusive urban development in the future.

Keywords: Urban Infrastructure, Sustainable, Bibliometric Analysis

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan merupakan elemen penting dalam mendukung kehidupan perkotaan yang berkualitas (Ahvenniemi et al., 2017; Shen et al., 2011). Salah satu alasan pentingnya infrastruktur perkotaan berkelanjutan adalah kemampuannya untuk mengurangi dampak lingkungan negatif dari pembangunan perkotaan. Misalnya, transportasi perkotaan yang berkelanjutan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 50% jika didukung dengan kebijakan yang tepat (Creutzig et al., 2015). Selain itu, infrastruktur hijau seperti ruang terbuka hijau dan taman kota dapat membantu mengurangi suhu udara di perkotaan yang kerap lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya, sebuah fenomena yang dikenal sebagai efek pulau panas perkotaan (Bowler et al., 2010).

Keberlanjutan infrastruktur juga penting untuk ekonomi kota. Investasi dalam infrastruktur yang berkelanjutan dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dengan menciptakan lapangan kerja baru dan meningkatkan produktivitas. Menurut laporan dari McKinsey (2016), setiap dolar yang diinvestasikan dalam infrastruktur berkelanjutan dapat menghasilkan keuntungan ekonomi sebesar 2,5 kali lipat dalam jangka panjang. Selain itu, infrastruktur yang efisien dan ramah lingkungan dapat menurunkan biaya operasional bagi pemerintah kota dan bisnis, sehingga meningkatkan daya saing ekonomi kota tersebut. Dari perspektif sosial, infrastruktur perkotaan berkelanjutan berkontribusi terhadap kesejahteraan masyarakat dengan menyediakan akses yang lebih baik ke layanan dasar seperti air bersih, sanitasi, dan energi (Seto et al., 2017). Akses terhadap air bersih dan sanitasi yang memadai dapat mengurangi kejadian penyakit menular hingga 50% (Prüss-Ustün et al., 2014). Infrastruktur yang inklusif juga memastikan bahwa semua kelompok masyarakat, termasuk yang rentan dan berpenghasilan rendah, memiliki akses yang sama terhadap layanan dan fasilitas perkotaan, mengurangi kesenjangan sosial dan meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan. Oleh karena itu, infrastruktur perkotaan berkelanjutan bukan hanya sebuah kebutuhan, tetapi juga sebuah investasi yang membawa manfaat jangka panjang bagi lingkungan, ekonomi, dan masyarakat perkotaan. Dengan meningkatkan efisiensi, mengurangi dampak lingkungan, dan mendukung inklusi sosial, infrastruktur yang berkelanjutan adalah kunci untuk menghadapi tantangan urbanisasi yang terus meningkat (Seto et al., 2012). Berdasarkan data dari *world bank*, saat ini sekitar 56% dari populasi dunia atau sekitar 4,4 miliar penduduk tinggal di kota. Tren ini diperkirakan akan terus berlanjut dengan populasi perkotaan di tahun 2050 menyentuh lebih dari dua kali lipat dari ukuran saat ini atau dengan kata lain hampir 7 dari 10 orang akan tinggal di kota (World Bank, 2022). Tanpa peningkatan taraf kehidupan masyarakat, bertambahnya jumlah penduduk di kota dapat mengakibatkan timbulnya masalah baru di perkotaan (Noverina, 2010).

Peningkatan taraf hidup dan upaya mengurangi dampak lingkungan negatif melalui penambahan infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan bukan hanya tentang fokus pada satu sudut pandang saja, tetapi juga memperhatikan dampak dari pembangunan infrastruktur dari awal hingga akhir. Infrastruktur berkelanjutan haruslah direncanakan, dirancang, dibangun, dioperasikan, atau dinonaktifkan sedemikian rupa sehingga memastikan keberlanjutan ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan sepanjang siklus hidupnya (Beksultanova et al., 2021). Banyaknya aspek yang terkait dan aktor yang terlibat dalam pembangunan infrastruktur berkelanjutan memerlukan perencanaan dan kebijakan yang menyeluruh dan terpadu agar dapat berkelanjutan (Morrissey et al., 2012; Pandit et al., 2017; Singh et al., 1996). Dengan mengadopsi konsep pembangunan berkelanjutan, infrastruktur tidak akan lagi dibangun tanpa mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, budaya, atau lingkungan. Teori pembangunan berkelanjutan yang dikemukakan oleh Brundtland Commission pada tahun 1987 menekankan pentingnya memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri (Keeble, 1988). Hal ini sejalan dengan konsep kota tangguh (*resilient cities*) yang menekankan pentingnya kota untuk dapat bertahan dan beradaptasi terhadap berbagai tekanan dan perubahan (Meerow et al., 2016). Mengingat tantangan global seperti perubahan iklim dan urbanisasi yang cepat, penelitian mengenai infrastruktur perkotaan berkelanjutan sangat penting untuk mengidentifikasi solusi inovatif dan praktik terbaik yang dapat diterapkan di berbagai konteks perkotaan.

Berbagai penelitian terdahulu telah berfokus untuk mengkaji topik infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan seperti Fagbemi et al. (2022) yang mengkaji mengenai pengaruh infrastruktur terhadap pengentasan kemiskinan di Nigeria selama periode 1996–2019 dengan temuan bahwa pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan terbukti signifikan terhadap pengentasan kemiskinan. Hal ini selaras dengan penelitian dari Zhang et al. (2023) yang juga turut mengkaji mengenai pentingnya infrastruktur untuk meningkatkan kegiatan ekonomi dan mengurangi kemiskinan di Afrika. Berdasarkan hasil kajiannya ditemukan bahwa proyek infrastruktur dapat terus mengentaskan kemiskinan multidimensi lokal terutama dengan meningkatkan standar hidup melalui industrialisasi lokal dan meningkatkan stabilitas lapangan kerja individu. Selain itu, terdapat pula penelitian dari Moros et al. (2021) yang mengkaji mengenai hubungan antara urbanisasi dan keadaan *sustainable infrastructure* di kota metropolitan. Dari hasil penelitiannya ditemukan bahwa perlunya pembangunan infrastruktur berkelanjutan dan pembentukan kebijakan mengenai pengelolaan ruang hijau kota untuk dapat menciptakan suatu pembangunan berkelanjutan di kota metropolitan. Lebih lanjut, penelitian oleh menyoroti bahwa keberlanjutan infrastruktur perkotaan dapat meningkatkan kualitas hidup dengan menyediakan akses lebih baik ke layanan dasar seperti air bersih, sanitasi, dan energi. Hal ini sejalan dengan temuan Pandit et al. (2017) yang menegaskan pentingnya manajemen air perkotaan yang berkelanjutan dalam mendukung target pembangunan berkelanjutan, terutama di wilayah padat penduduk yang menghadapi keterbatasan sumber daya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan merupakan suatu hal yang penting dan perlu diperhatikan untuk memastikan kesejahteraan masyarakat, pertumbuhan ekonomi yang inklusif, serta kelestarian lingkungan. Infrastruktur yang dirancang secara berkelanjutan akan memberikan akses yang lebih baik terhadap layanan dasar seperti air bersih, sanitasi, energi, dan transportasi, sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat perkotaan. Melalui pendekatan berbasis penelitian, seperti analisis bibliometrik, pemetaan tren dan kesenjangan dalam penelitian dapat membantu merumuskan kebijakan yang lebih tepat sasaran dan inovatif. Oleh karena itu, pengembangan infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan harus menjadi prioritas untuk mendukung kota yang lebih tangguh, inklusif, dan berwawasan lingkungan di masa depan.

Analisis bibliometrik adalah metode matematis dan statistik yang mengukur dan mengidentifikasi kekuatan, kelemahan penelitian, dan menelusuri hubungan antar kutipan jurnal akademik (Durieux & Pierre, 2010). Dengan menggunakan VOSviewer, peneliti dapat memetakan dan menganalisis jaringan hubungan antara berbagai publikasi, penulis, dan topik penelitian, sehingga memberikan wawasan yang mendalam mengenai perkembangan penelitian dalam bidang ini (van Eck & Waltman, 2010). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara ilmiah penelitian infrastruktur perkotaan berkelanjutan, mengidentifikasi topik-topik utama, serta menentukan peneliti dan institusi yang paling berpengaruh. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai lanskap penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan strategi dan kebijakan yang mendukung pembangunan perkotaan yang berkelanjutan dan tangguh.

2. DATA DAN METODE

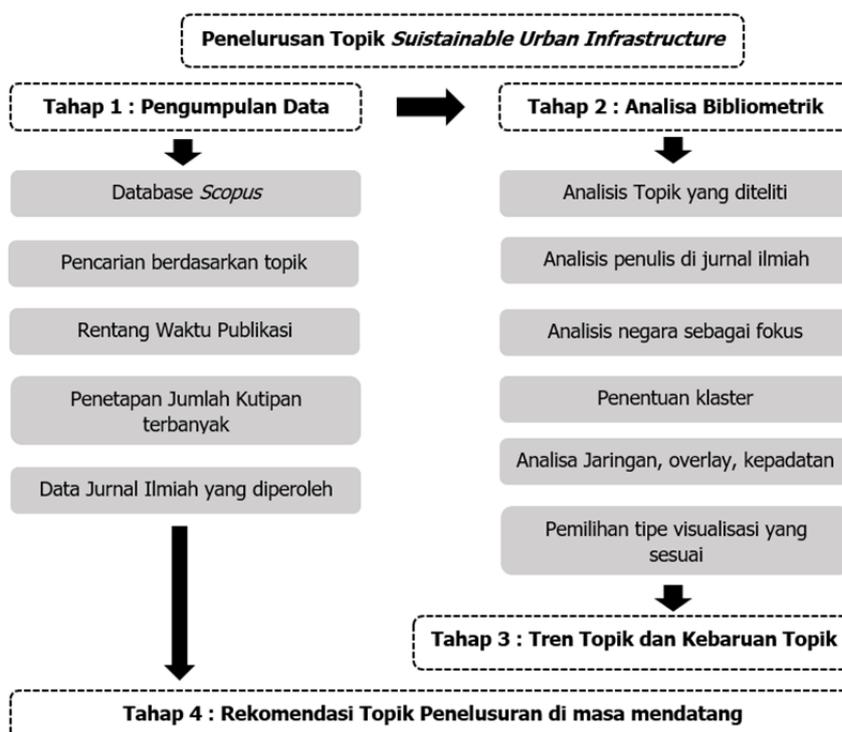
2.1. Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berasal dari database pengumpulan Scopus yang diakses melalui website Scopus. Scopus dipilih karena memiliki kemudahan dalam mengakses serta sejumlah jurnal dan pembahasan yang cukup luas (Nawang Sari et al., 2020), salah satunya termasuk pembahasan terkait *Sustainable Urban Infrastructure*. Beberapa jurnal yang ditemukan mendukung judul yang penulis pilih, salah satunya adalah bagaimana pengaruh dari infrastruktur berkelanjutan memberikan manfaat dan solusi dari beberapa masalah yang ditemukan baik di perkotaan maupun pedesaan. Sehingga database yang diperoleh dari Scopus dianggap sebagai sumber pengumpulan informasi terbaik untuk memastikan integritas dari sumber data yang diambil. Koleksi jurnal yang didapatkan berasal dari publikasi internasional untuk melihat perkembangan dari infrastruktur berkelanjutan secara global (Sarjana, 2021). Database yang diperoleh dari

website Scopus sejumlah 8.369 dan jurnal tersebut dipublikasi dalam kurun waktu 1987 sampai 2023 Kemudian penulis melakukan filter pada jurnal yang berbahasa inggris serta *open access*, sehingga didapatkan data input sebesar 5.397 literatur. Adapun jenis jurnal yang diambil adalah artikel ilmiah, *conference paper*, dan *review article*. Koleksi data yang penulis peroleh dapat menjadi bahan pengembangan penelitian terkait *Sustainable Urban Infrastructure* ke depan.

2.2. Metode Analisa Data

Pengembangan metode analisis mampu menggambarkan evolusi pengetahuan ilmiah dalam bidang tertentu dengan memanfaatkan perangkat bibliometrik untuk memberikan investigasi mendalam terkait tema yang diteliti melalui tinjauan kualitatif yang dilakukan secara sistematis (Sarjana, 2022). Mengacu pada penggunaan metode tinjauan secara sistematis, maka diperlukan langkah-langkah untuk menentukan tema penelitian dan memilih kata kunci yang ada pada *database* (Sarjana, 2022). Berikut merupakan tahapan analisis yang dilakukan pada analisis bibliometrik menggunakan *software Vos Viewer* (Rahmawati et al., 2022). *Vos viewer* sendiri merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan analisa data perkembangan ilmiah baik dari sisi publikasi, kutipan, negara, hingga hubungan antar topik penulis (Nandiyanto & Al Husaeni, 2021). *Vos Viewer* dipilih dikarenakan selain mampu menganalisa, *software* ini juga mampu memvisualisasikan peta keterkaitannya serta mampu menganalisis frekuensi dan pola kemunculan kata kunci dalam publikasi (Arruda et al., 2022; Kuzior & Sira, 2022). *VOSviewer* membantu mengungkap topik-topik yang sedang berkembang dan area penelitian yang mendapat perhatian lebih dalam studi infrastruktur perkotaan berkelanjutan. Ini memungkinkan peneliti untuk mengarahkan fokus pada isu-isu yang relevan dan terkini. Berikut merupakan visualisasi tahapan penelitian yang tertuang dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

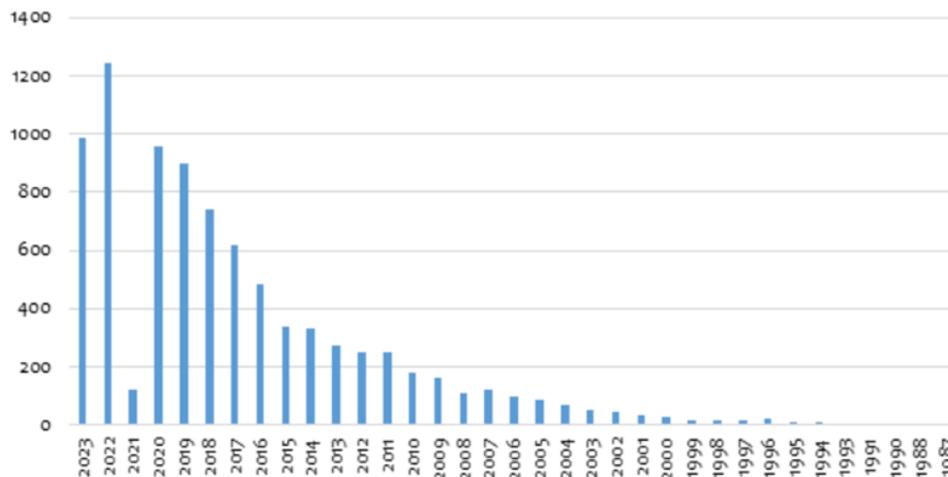
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Input Data

Input data literatur yang dikumpulkan berasal dari *database Scopus*, dengan kata kunci (*keyword*) yang digunakan yaitu “*Sustainable Urban Infrastructure*”. Berdasarkan hasil pencarian, secara lebih detail diperoleh literatur relevan sejumlah 8.369 yang terdiri dari artikel ilmiah, *conference paper*, dan *review* mulai dari tahun 1987 hingga 2023. Kemudian penulis melakukan filter pada jurnal yang berbahasa Inggris serta *open access*, sehingga didapatkan data input sebesar 5.397 literatur. Data-data yang telah berhasil diperoleh akan dilakukan analisis bibliometric dengan menggunakan *software VosViewer 1.3.19*. Lebih detailnya, statistik informasi dokumen tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Informasi Dokumen Penelitian

Informasi Dokumen	Statistik
Tahun artikel penelitian	1987-2023
Jumlah dokumen artikel penelitian	5.397
Rata-rata publikasi per tahun	245
Jumlah sitasi dokumen per penulis	38.327
Rata-rata sitasi per dokumen	17
Jumlah sitasi dokumen	145.346
Rata-rata sitasi dokumen per tahun	4.542
Jumlah penulis	656
Rata-rata jumlah penulis per dokumen	4



Gambar 2. Tren Penelitian Dokumen di Bidang Sustainable Urban Infrastructure

Gambar 2 menunjukkan tren penelitian infrastruktur perkotaan berkelanjutan dari 1987 hingga 2023, dengan jumlah publikasi tertinggi pada 2023, mencapai lebih dari 1.200 dokumen. Hal ini mencerminkan meningkatnya perhatian terhadap topik ini, terutama dalam dekade terakhir, seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk mengatasi tantangan urbanisasi dan keberlanjutan. Sebelum tahun 2000, jumlah publikasi relatif rendah, menunjukkan bahwa isu ini belum menjadi prioritas utama. Peningkatan tajam dalam publikasi pada tahun-tahun terakhir, khususnya pada 2023, menunjukkan bahwa infrastruktur perkotaan berkelanjutan kini menjadi isu penting dalam upaya global untuk mengatasi tantangan lingkungan, sosial, dan ekonomi. Hal ini juga mengindikasikan kemajuan teknologi, kebijakan, dan kesadaran publik yang lebih besar terhadap pentingnya keberlanjutan dalam membangun kota masa depan.

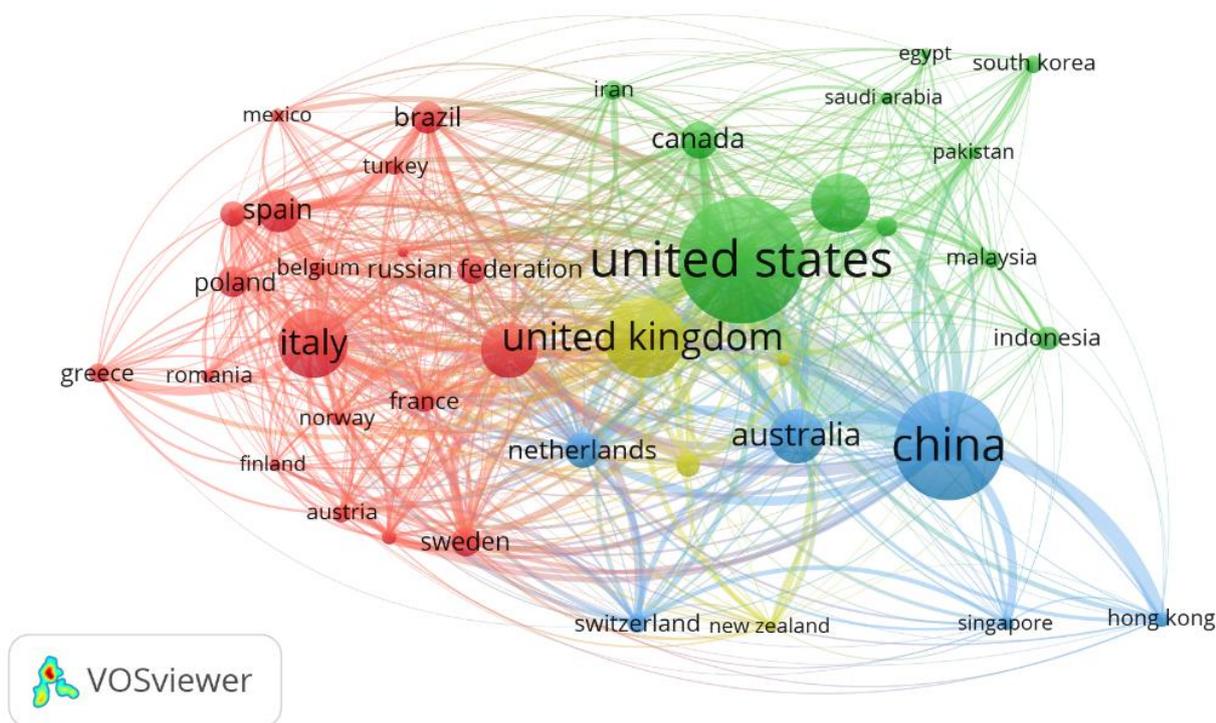
3.2 Analisis Co-Authorship

3.2.1 Co-Authorship Negara

Analisis *Co-Authorship* menunjukkan hubungan sosial antar suatu negara dalam suatu bidang tertentu. Disesuaikan dengan pembahasan pada implementasi infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan. Melalui keterhubungan antar negara/daerah akan memberikan pandangan terbaru baik dalam hal akademik maupun penelitian di suatu negara dimana dapat berkontribusi pada negara yang perlu mendapatkan perhatian. Berdasarkan hasil input data sebanyak 5.397 yang terdiri dari artikel ilmiah, *conference paper*, dan *review* yang terpublikasi ditemukan dokumen yang tersebar di beberapa wilayah seperti pada Tabel 2 menunjukkan daftar negara yang memiliki dokumen terbanyak dalam implementasi infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan yang menunjukkan dimana United States memiliki sebanyak 1.312 dokumen dengan sitasi sebanyak 35.021. Jumlah literatur pada tiap negara menggambarkan pengaruh khususnya pada bidang penelitian infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan.

Tabel 2. Statistik Informasi Dokumen Penelitian

Number	Country	Documents	Citation	Percentage
1	United States	1.312	35.021	24,3%
2	China	1.090	20316	20,1%
3	United Kingdom	758	25093	14%
4	Italy	628	8789	11,6%
5	India	506	4668	9,3%
6	Germany	480	11736	8,8%
7	Australia	470	17008	8,7%
8	Spain	341	6396	6,3%
9	Canada	294	9073	5,4%
10	Netherlands	268	8847	4,9%
11	Brazil	246	2556	4,5%
12	Poland	228	2035	4,2%
13	Sweden	223	7437	4,1%
14	Russian Federation	215	1494	3,9%
15	Portugal	176	2770	3,2%
16	South Africa	168	3338	3,1%
17	Indonesia	167	867	3%
18	France	150	3868	2,7%
19	Japan	141	2402	2,6%
20	Greece	136	1852	2,5%



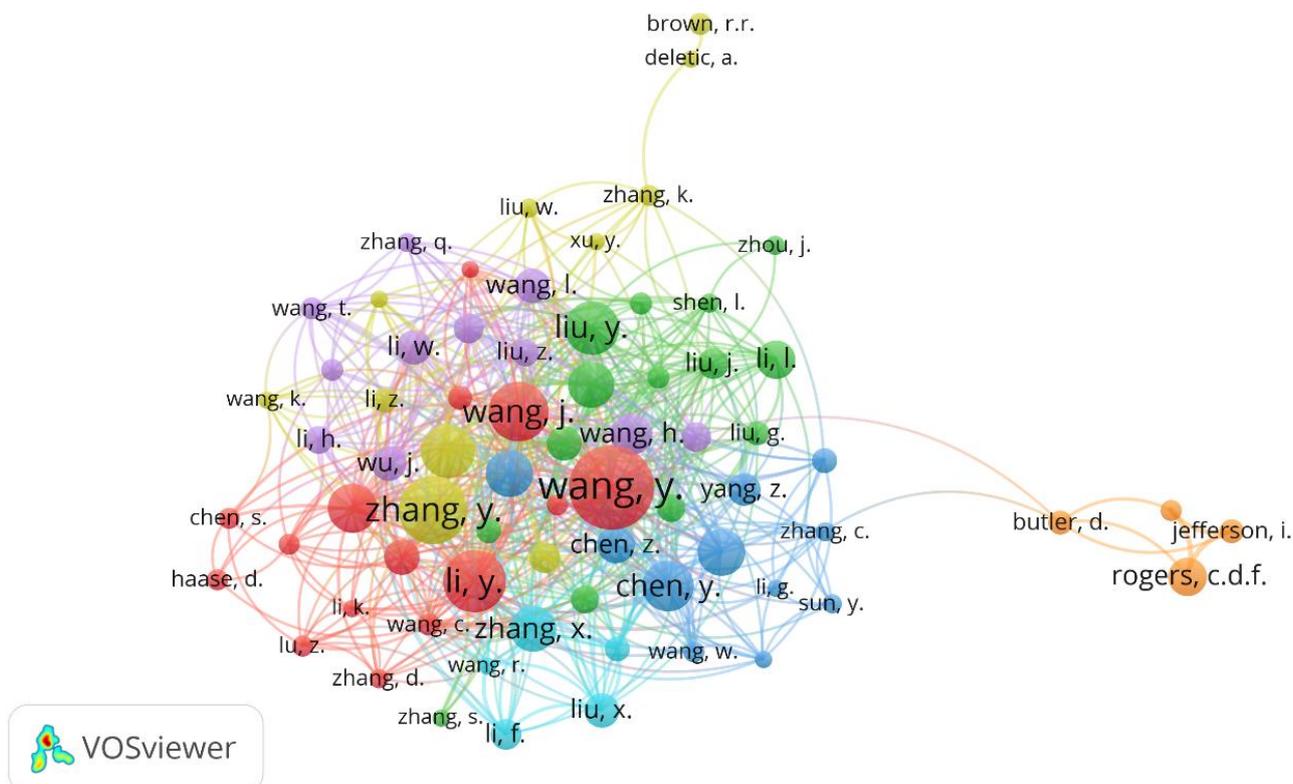
Gambar 3. Peta Keterkaitan Kerjasama Antar Negara di Bidang *Sustainable Urban Infrastructure*

Berdasarkan persentase terkait informasi dokumen penelitian, terlihat bahwa negara United States memiliki produktivitas yang tinggi dalam menjalin kerjasama dengan negara lainnya seperti United Kingdom dan China dalam bidang infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan. Hal tersebut ditunjukkan bahwa negara United States menghasilkan penelitian sebanyak 24,3%, United Kingdom sebanyak 20,1%, dan China sebanyak 14% dari total input data penelitian sebanyak 5379. Selain itu, hasil Peta Visualisasi yang disajikan dapat terlihat potensi bahwa United States, United Kingdom, dan China menjadi poros di dunia dalam bidang infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan. Hal ini terlihat dari ukuran *node* dari masing-masing negara memiliki ukuran yang berbeda. Semakin besar ukuran *node* tersebut, maka menunjukkan bahwa negara United States, United Kingdom, dan China menjadi negara yang memiliki kontribusi besar dalam publikasi penelitian terkait *Sustainable Urban Infrastructure*. Selain itu, terlihat bahwa *edge* atau garis yang menghubungkan masing-masing *node* menunjukkan bahwa beberapa negara melakukan kolaborasi dalam publikasi penelitian. Semakin tebal garis yang menghubungkan *node* tersebut maka menunjukkan bahwa negara tersebut sering melakukan kolaborasi dalam publikasi penelitian. Sebagai contoh, negara United States dan China memiliki garis yang tebal dalam menghubungkan kedua *node*, sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa kedua negara tersebut sering melakukan kolaborasi dalam publikasi penelitian. Oleh karena itu, kedua hal tersebut membuktikan adanya kerja sama antar negara akan memberikan dampak yang positif baik terhadap infrastruktur hingga perkembangan ekonomi dalam suatu negara.

3.2.2 Co-Authorship Penulis

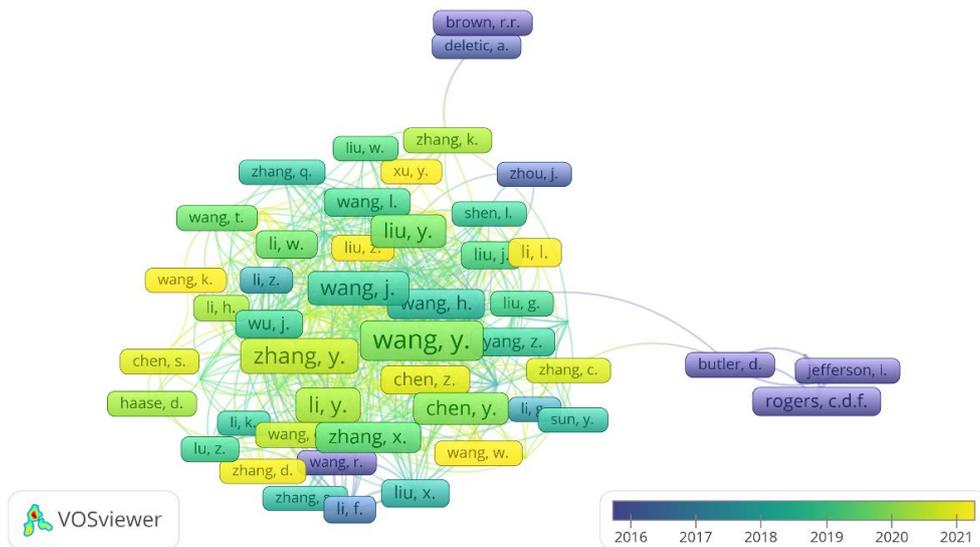
Penelitian mengenai *Sustainable Urban Infrastructure* merupakan bidang yang terus berkembang dan terus menarik perhatian para peneliti karena urgensinya yang tinggi. Sejumlah 8.369 dokumen yang berhasil terpublikasi mulai dari tahun 1987 hingga 2023 merupakan hasil kontribusi dari > 1000 penulis. Mereka adalah penyedia pengetahuan di bidang *sustainable infrastructure*, khususnya bagi implementasi di lokasi perkotaan. Analisis kerja sama penulis dapat digunakan untuk mengetahui penulis paling produktif dan memberikan kontribusi penting bagi penelitian *sustainable urban infrastructure* serta mengetahui jaringan

kerja sama sosial antar penulis. Gambar 4 menunjukkan keterhubungan antar penulis dengan topik *sustainable urban infrastructure* yang berhasil mempublikasikan artikel ilmiah, *conference paper*, dan *review*. Gambar 4 juga menunjukkan kerja sama menyeluruh antar setiap kelompok akademik maupun tim penelitian ilmiah lainnya, yang menunjukkan bahwa informasi dapat ditransmisikan dengan lancar dalam jaringan tersebut. Dalam analisis ini digunakan kriteria berupa jumlah minimum dokumen dari penulis sebanyak 10 dokumen. Hal ini berarti bahwa penulis setidaknya harus memiliki dokumen publikasi sejumlah 10.



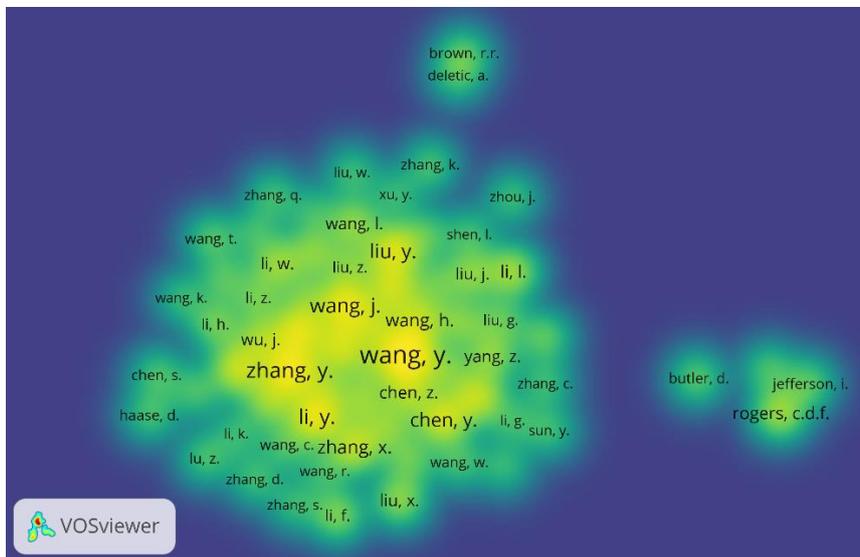
Gambar 4. Peta Keterkaitan Antar Penulis di Bidang *Sustainable Urban Infrastructure*

Gambar 4 merupakan visualisasi jaringan antar penulis dengan ditunjukkan adanya bulatan sebagai representasi para penulis dan garis penghubung sebagai representasi jaringan yang dimiliki oleh antar penulis (van Eck & Waltman, 2010). Besaran ikon bulat menunjukkan pengaruh penulis terhadap publikasi dalam hasil penelitian, dapat dilihat bahwa Wang, Y., Zhang, Y., Li, Y. dan Wang, J memiliki ukuran bulatan yang lebih besar dibandingkan dengan penulis lainnya. Hal ini berarti bahwa publikasi penelitian dari Wang, Y., Zhang, Y., Li, Y. dan Wang, J lebih banyak dibandingkan dengan penulis lain. Dari analisis juga dapat diketahui bahwa terbentuk 7 kluster penulis yang ditunjukkan oleh masing-masing warna dimana total *links* atau keterhubungan melalui sitasi antar penulis yang terbentuk adalah sebanyak 535. Gambar 4 Juga menunjukkan bahwa penulis dengan dokumen terbanyak yaitu Wang Y merupakan penulis paling produktif dan menjadi *centroid* yang mempengaruhi penulis lain dalam topik *sustainable urban infrastructure*. Hal ini dapat ditinjau dari Tabel 3 yang menunjukkan produktivitas penulis, dilihat dari jumlah dokumen yang ditulis oleh penulis di masing-masing *cluster* serta total *links* yang menunjukkan banyaknya sitasi dari penulis tersebut. Adapun produktivitas seorang penulis di suatu bidang merupakan salah satu indikator penting untuk menentukan keberlangsungan riset dan penelitian di bidang *sustainable urban infrastructure* kedepannya.



Gambar 5. Overlay Keterkaitan Antar Penulis di Bidang Sustainable Urban Infrastructure

Gambar 5 merupakan *overlay visualization* atau visualisasi *overlay* yang menampilkan keterangan atau kejadian waktu pada publikasi penelitian (van Eck & Waltman, 2010). Berdasarkan Gambar 5 terdapat perbedaan warna yang kontras pada visualisasi yang ditampilkan. Semakin gelap warna mengindikasikan bahwa semakin lama pula tahun publikasi dari penulis sedangkan, warna terang mengindikasikan tahun terbaru dari rentang tahun yang ada. Wang Y sebagai penulis yang memiliki jumlah produktivitas hasil publikasi tertinggi berhasil mempublikasikan jurnalnya pada tahun 2018-2021 dengan total jumlah sebesar 58 dokumen.



Gambar 6. Density Keterkaitan Antar Penulis di Bidang Sustainable Urban Infrastructure

Gambar 6 merupakan *density visualization* atau kepadatan *density*, melalui visualisasi ini dapat diketahui dan dianalisis mengenai kepadatan dan hubungan antar satu penulis dengan penulis lain. Dalam *density visualization* juga dapat diidentifikasi mengenai tingkat kerapatan dan kejenuhan yang ada, artinya semakin terang warna mengindikasikan bahwa semakin banyak dokumen yang dipublikasikan oleh penulis dan semakin kuat juga hubungan antar keduanya. Wang, Y., Zhang, Y., Li, Y., dan Wang, J merupakan

beberapa penulis dengan tingkat kerapatan paling tinggi dengan jumlah dokumen publikasi paling banyak, warna terang disamping-sampingnya merupakan hubungan atau keterkaitan penulis dengan penulis yang ada di sekitarnya. Semakin terang menunjukkan bahwa semakin kuat hubungannya sedangkan semakin pekat atau gelap menunjukkan bahwa semakin lemah hubungan antar keduanya (van Eck & Waltman, 2010).

Berikut merupakan detail dari masing-masing penulis beserta negara, jumlah dokumen, dan total tautan yang telah berhasil dipublikasikan hingga tahun 2023.

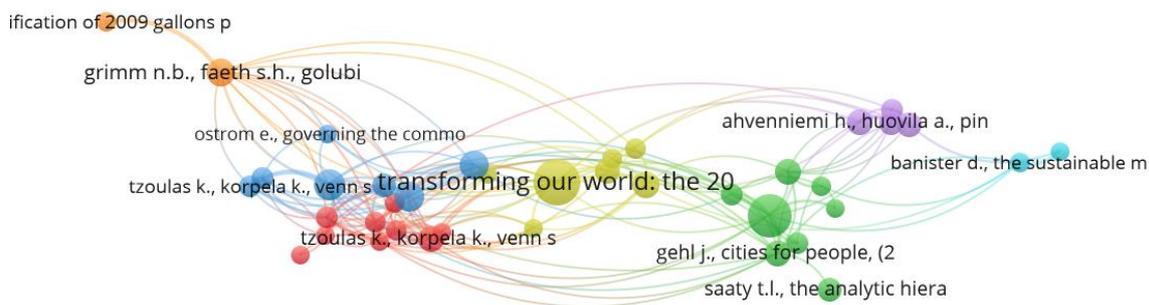
Tabel 3. Produktivitas Penulis 20 Teratas

Peringkat	Penulis	Negara	Dokumen	Total Tautan
1	Wang Y, 2023	Shenzhen, China	58	47
2	Zhang Y, 2023	Chongqing, China	46	51
3	Li Y, 2023	Barranqueras, Argentina	42	39
4	Wang J, 2023	Shenzhen, China	40	37
5	Liu Y, 2022	Langfang, China	36	42
6	Zhang J, 2023	Beijing, China	36	39
7	Chen Y, 2023	London, UK	34	36
8	Li J, 2023	Nanjing, China	32	37
9	Wang X, 2022	Wuhan, China	31	31
10	Zhang L, 2022	Nanjing, China	31	31
11	Zhang X, 2023	Beijing, China	30	37
12	Li X, 2023	NSW, Australia	30	35
13	Wang H, 2022	Lanzhou, China	27	35
14	Rogers, c.d.f, 2022	Newcastle upon Tyne, UK	25	26
15	Li L, 2023	Tianjin, China	25	24
16	Chen Z, 2023	Jinan, China	24	26
17	Zhang H, 2022	Harbin, China	23	26
18	Li W, 2023	Nanjing, China	22	27
19	Wang L, 2023	Shanghai, China	22	26
20	Wu J, 2021	Nanjing, China	22	24

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa mayoritas penulis 20 teratas berasal dari Negara China. Hal ini menunjukkan bahwa negara-negara tersebut memainkan peran penting dalam penelitian dibidang *sustainable urban infrastructure* yang apabila dikaitkan dengan analisis sebelumnya yaitu keterkaitan negara, berarti bahwa penulis dengan jumlah dokumen terbanyak juga berasal dari 3 besar negara yang menghasilkan dokumen terbanyak, sehingga nantinya dapat dijadikan *benchmarking* bagi negara-negara berkembang yang lain.

3.3 Analisis Co-Citation

Analisis Co-Citation menunjukkan identifikasi dan analisis kutipan bersama dari dua atau lebih dokumen. Apabila kedua dokumen dikutip bersama oleh karya lain, maka dapat diasumsikan bahwa kedua dokumen tersebut memiliki hubungan atau kesamaan topik tertentu. Berdasarkan hasil *input* data terkait *keyword* “Sustainable Urban Infrastructure”, penulis menemukan adanya beberapa sitasi yang digunakan dalam penelitian terkait “Sustainable Urban Infrastructure”. Masing-masing sitasi tersebut digunakan sebagai referensi baik diambil secara langsung maupun yang diambil dari suatu jurnal namun dari referensi jurnal lain. Berikut ini adalah visualisasi dan tabulasi terkait analisis ko-sitasi dalam penelitian ini.



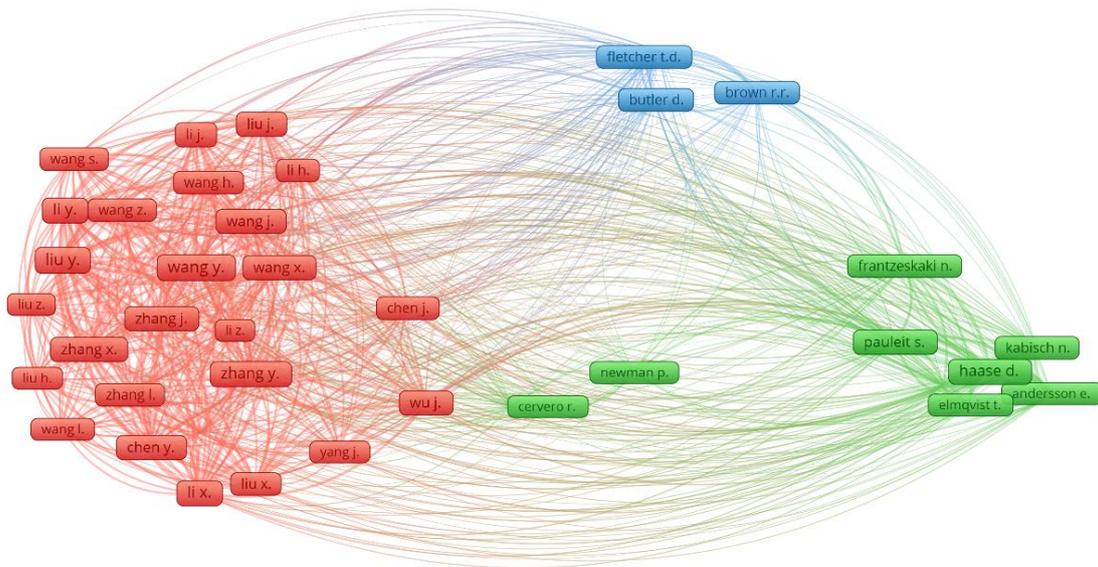
Gambar 7. Peta Visualisasi Co-Citation di Bidang Sustainable Urban Infrastructure Berdasarkan Reference

Tabel 4. Produktivitas Sitasi 20 Teratas Berdasarkan Referensi

Peringkat	Judul	Penulis	Tipe Artikel	Jurnal	Sitasi	Tahun
1	<i>Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development</i> (2015)	United Nations	Website	-	82	2015
2	<i>The Death and Life of Great American Cities</i> (1961)	Jane Jacobs	Buku	-	73	1961
3	<i>From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Service? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas</i> (2014)	Rieke Hansen & Stephan Pauleit	Jurnal	<i>AMBIO: A Journal of Environment and Society</i>	44	2014
4	<i>Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities</i> (2012)	Edward McMahon & Mark A. Benedict	Buku	-	41	2012
5	<i>Ecosystems and Human Well-being</i> (2005)	Walter V et al	Buku	-	39	2005
6	<i>Global Change and the Ecology of Cities</i> (2008)	NB Grim et al	Jurnal	<i>Science</i> Vol. 319 No. 5864	37	2008
7	<i>Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition</i> (2001)	Simon Marvin & Steve Graham	Buku	-	36	2001
8	<i>Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas Using Green Infrastructures: A Literature Review</i> (2007)	K Tzoulas et al	Jurnal	<i>Landscape and Urban Planning</i> Volume 81 Issue 3	34	2007

Peringkat	Judul	Penulis	Tipe Artikel	Jurnal	Sitasi	Tahun
9	<i>What are the difference between sustainable and smart cities? (2017)</i>	H. Ahvenniemi et al	Jurnal	CITIES	34	2017
10	<i>The Sustainability Mobility Paradigm (2008)</i>	David Banister	Jurnal	<i>Transport Policy</i> Volume 15 Issue 2	34	2008
11	<i>Cities for People (2010)</i>	Jan Gehl	Buku		33	2010
12	<i>Current Trends in Smart City initiatives: Some Stylised Facts (2014)</i>	P. Neirotti et al	Jurnal	CITIES	31	2014
13	<i>World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (2018)</i>	Department of Economic and Social Affairs United Nation	Buku	-	31	2018
14	<i>Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives (2015)</i>		Jurnal	<i>Journal of Urban Technology</i>	30	2015
15	<i>From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Service? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas (2014)</i>	Rieke Hansen & Stephan Pauleit	Jurnal	<i>AMBIO: A Journal of Environment and Society</i>	29	2014
16	<i>The Analytic Hierarchy Process (1980)</i>	TL Saaty	Jurnal	<i>Mathematical Modelling</i>	29	1980
17	<i>Infineon technologies Classifying and Valuing Ecosystem Services for Urban Planning (2013)</i>	-	-	-	29	-
18	<i>Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence (1999)</i>	Erik Gomez Baggethun & David N. Barton	Jurnal	<i>Ecological Economies</i>	26	2013
19		Jeffrey R. Kenworthy & Peter Newman	Buku	-	26	1999
20	<i>Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services (2014)</i>	Erik Andersson, Stephan Barthel, Sara Borgstrom, Johan Colding, Thomas Elmqvist, Carl Folke & Asa Gren	Jurnal	<i>AMBIO: A Journal of Environment and Society</i>	25	2014

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa terdapat 20 topik yang memiliki keterkaitan dengan beberapa dokumen terkait infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan. Beberapa topik yang dibahas terkait infrastruktur perkotaan berkelanjutan adalah pembatasan ketergantungan, fakta yang terjadi, paradigma terhadap pembangunan mobilitas berkelanjutan dan tantangan yang dihadapi dalam pengembangan infrastruktur perkotaan. Tabel berikut menjelaskan beberapa dokumen yang mayoritas disitasi oleh beberapa peneliti. Salah satu judul yang mayoritas digunakan adalah “*Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*” sebanyak 82 kali.



Gambar 8. Peta Visualisasi Co-Citation di Bidang Sustainable Urban Infrastructure Berdasarkan Author 145.346

Tabel 5. Produktivitas Sitasi 20 Teratas Berdasarkan Penulis

Peringkat	Penulis	Sitasi	Percentage
1	Wang Y.	1227	0,84%
2	Liu Y.	1209	0,83%
3	Zhang Y.	1118	0,76%
4	Li Y.	996	0,68%
5	Haase D.	941	0,64%
6	Li X.	933	0,64%
7	Wang J.	924	0,63%
8	Zhang X.	915	0,62%
9	Pauleit S.	828	0,56%
10	Wang X.	795	0,54%
11	Zhang J.	743	0,51%
12	Wu J.	743	0,51%
13	Li J.	737	0,50%
14	Chen Y.	736	0,50%
15	Liu J.	710	0,48%
16	Wang H.	682	0,46%
17	Zhang L.	662	0,45%
18	Liu X.	627	0,43%
19	Butler D.	603	0,41%
20	Li H.	586	0,40%

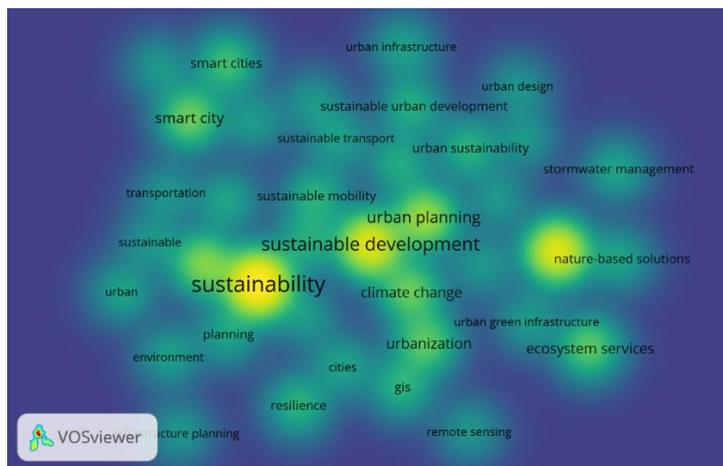
Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa terdapat 20 penulis dimana penelitiannya saling berkaitan dengan beberapa penelitian terkait infrastruktur perkotaan berkelanjutan. Salah satu penulis yang memiliki keterkaitan atau sitasi secara mayoritas dalam penelitiannya adalah Wang Y., dengan jumlah sitasi sebanyak 1227. Hal ini terlihat dari persentase masing-masing penulis dimana semakin besar persentase maka semakin

Peringkat	Kata Kunci	Tahun	Kejadian
14	<i>Sustainable Mobility</i>	2018	115
15	<i>Sustainable Urban Development</i>	2018	111
16	<i>Urban Development</i>	2017	106
17	<i>Sustainable Cities Planning</i>	2019	100
18	<i>Nature-based Solutions</i>	2020	88
19	<i>Stormwater Management</i>	2018	88

Berdasarkan Tabel 6, terdapat 20 kata kunci dengan frekuensi tertinggi di bidang UREI. Analisis kata kunci digunakan untuk mengetahui kata kunci yang paling digunakan dari tahun 2017-2020. Berdasarkan Gambar 9, ditemukan beberapa ledakan kata kunci yang digunakan sebagai penelitian. Beberapa kata kunci yang sering digunakan adalah *Sustainability*, *Sustainability Development*, *Green Infrastructure*, *Urban Planning*, *Infrastructure* dan lain-lain. Deteksi ledakan kata kunci digunakan untuk mengetahui seberapa besar frekuensi kata kunci yang digunakan. Semakin besar ledakan kata kunci yang muncul, maka semakin sering kata kunci tersebut digunakan.

3.4.1 Tren Penelitian

Kata kunci yang diperoleh dari analisis *Co-Occurance* dengan *Software VosViewer* kemudian digolongkan menjadi 5 kelompok dimana kelompok tersebut merupakan topik penelitian populer pada pembahasan terkait infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan



Gambar 10. Bidang Penelitian dalam Sustainable Urban Infrastructure

Tabel 7. Bidang Penelitian dalam Sustainable Urban Infrastructure

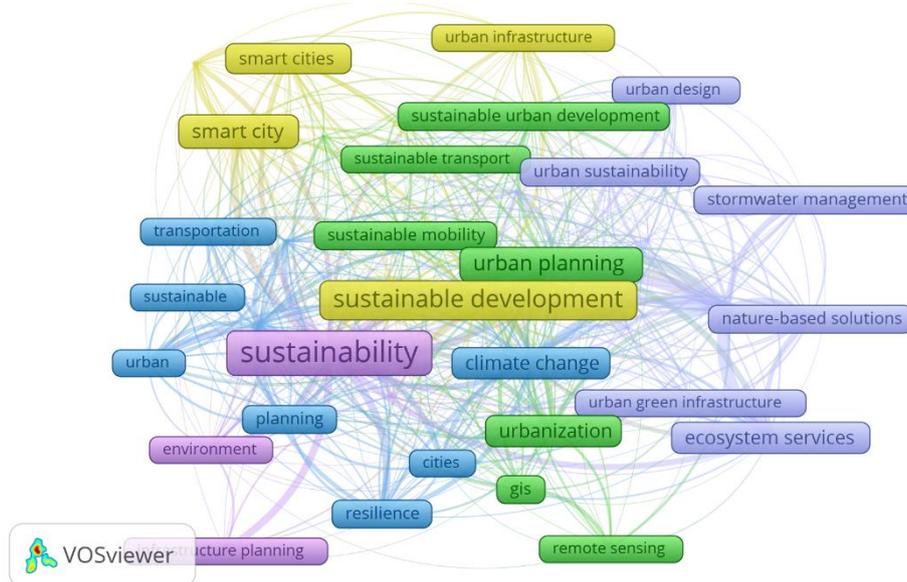
Kelompok	Jumlah Artikel	Persentase
Ekosistem dan infrastruktur hijau	1539	28.52%
GIS dan mobilitas	1031	19.10%
Kota dan pemerintahan	533	9.88%
IoT dan Smart Cities	987	18.29%
Lingkungan dan berkelanjutan	1307	24.22%
Jumlah	5397	100%

Berdasarkan gambar dan tabel tersebut subjek penelitian dalam infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan terbentuk 5 kelompok, yakni ekosistem dan infrastruktur hijau, GIS dan mobilitas, kota dan pemerintahan, IoT dan *Smart Cities*, serta lingkungan dan berkelanjutan. Tabel 7 menunjukkan distribusi penelitian dalam bidang *Sustainable Urban Infrastructure* berdasarkan artikel yang dianalisis. Berikut merupakan penjelasan dari 5 kelompok tersebut.

1. **Ekosistem dan infrastruktur hijau**, merupakan kata kunci yang paling sering digunakan dalam bidang penelitian infrastruktur perkotaan berkelanjutan. Pembahasan ekosistem dan infrastruktur hijau berkaitan dengan ekosistem perkotaan, infrastruktur yang ramah lingkungan, penyelesaian permasalahan infrastruktur berbasis lingkungan, pengelolaan air, pembangunan berkelanjutan, pertanian perkotaan, desain perkotaan serta infrastruktur perkotaan yang ramah lingkungan yang memperhatikan keberlanjutan perkotaan. Penelitian terbanyak terdapat pada bidang Ekosistem dan Infrastruktur Hijau dengan jumlah 1.539 artikel (28,52%), mencerminkan perhatian besar terhadap pengembangan infrastruktur ramah lingkungan dan keberlanjutan ekosistem di wilayah perkotaan.
2. **GIS dan mobilitas**, juga merupakan kata kunci yang muncul dalam bidang penelitian infrastruktur perkotaan berkelanjutan. Hal tersebut juga mendukung perkotaan yang diperlukan mobilitas didalamnya dalam melakukan pergerakan atau kegiatan sehari-hari. Pembahasan lainnya adalah seputar penggunaan GIS dalam perencanaan perkotaan, pengaturan transportasi umum, pengindraan jarak jauh, transportasi berkelanjutan serta perencanaan dan pembangunan perkotaan yang memperhatikan kondisi urbanisasi didalamnya. Untuk bidang GIS dan Mobilitas, jumlah artikel yang tercatat adalah 1.031 artikel, yang mencakup 19,10% dari total penelitian. Fokus pada GIS (*Geographic Information Systems*) dan mobilitas mencerminkan pentingnya penggunaan teknologi geospasial dalam mendukung perencanaan transportasi dan tata ruang perkotaan yang efisien.
3. **Kota dan pemerintahan**, merupakan salah satu subjek penelitian dalam bidang penelitian infrastruktur perkotaan berkelanjutan. Dimana adanya kota tanpa ada pemerintahan akan sulit memprediksi bagaimana keadaan kota tersebut kedepannya, apakah akan berjalan baik atau tidak. Pembahasan seputar kota dan pemerintahan antara lain pembahasan seputar tata kelola pemerintahan, pembahasan penerapan infrastruktur dalam berbagai masalah perkotaan, perencanaan infrastruktur, perencanaan perkotaan serta berbagai bencana yang timbul di perkotaan. Untuk bidang Kota dan Pemerintahan, jumlah artikel tercatat sebanyak 533 artikel, yang merupakan 9,88% dari total penelitian. Meskipun jumlahnya relatif kecil dibandingkan bidang lainnya, aspek ini tetap penting karena terkait dengan peran kebijakan, regulasi, dan pengelolaan tata kota dalam mendukung keberlanjutan infrastruktur perkotaan.
4. **IoT dan Smart Cities**, membahas seputar peranan teknologi dalam perencanan serta pembangunan kota kedepannya. Dimana penggunaan teknologi tidak hanya pada taraf pemerintahannya melainkan juga infrastruktur perkotaannya. Penerapan tersebut tentunya berkaitan erat dalam menerapkan *Smart Cities* di perkotaan dimana memperhatikan infrastruktur, data, tata kelola dan keterlibatan masyarakat, serta transportasi dan lingkungan yang cerdas dan berkelanjutan. Bidang IoT dan Smart Cities memiliki 987 artikel (18,29%), mencerminkan pentingnya integrasi teknologi pintar dalam pengelolaan kota. Sementara itu, Kota dan Pemerintahan memiliki jumlah artikel terendah, yaitu 533 artikel (9,88%), namun tetap relevan dalam mendukung kebijakan dan pengelolaan tata kota yang berkelanjutan.
5. **Lingkungan dan berkelanjutan**, membahas terkait dengan implementasi dari perencanaan dan pembangunan infrastruktur. Dengan adanya strategi dan berbagai skenario yang digunakan hal tersebut juga dapat memunculkan berbagai model bagaimana membangun generasi serta kota yang berkelanjutan. Bidang Lingkungan dan Berkelanjutan menempati posisi kedua dengan 1.307 artikel (24,22%), yang menunjukkan fokus yang kuat terhadap isu keberlanjutan lingkungan dalam infrastruktur perkotaan. Selanjutnya, GIS dan Mobilitas mencatat 1.031 artikel (19,10%), mengindikasikan perhatian terhadap teknologi informasi geospasial dan pergerakan di area perkotaan.

3.5 Analisis Cluster

Analisis Cluster pada *Bibliometric Analysis* menggunakan Vos Viewer digunakan untuk melihat item yang terkoneksi pada peta (Wijaya et al., 2023). Dimana akan terlihat visualisasi jaringan yang menunjukkan informasi terkait pengelompokan cluster keyword yang ada. Visualisasi dapat terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Cluster dan Keterhubungan berdasarkan Keywords

Berdasarkan hasil analisis cluster yang dilakukan terlihat terdapat 5 cluster yang terkait dalam bidang infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan. Dimana pendetailan masing-masing cluster terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengelompokan Cluster

Cluster	Keywords	Occurences	Links	Total Link Strength
1	Ecosystem Services, Green Infrastructure, Nature Based Solutions, Stormwater Management, Suistainable Cities, Suistainable Development, Urban Agriculture, Urban Design, Urban Green Infrastructure, Urban Resilience, Urban Suistainability	1.609	268	1.311
2	GIS, Mobilty, Public Transport, Remote Sensing, Suistainable Mobilty, Sustainable Transport, Sustainable Urban Development, Urban Planning, Urbanization	1.553	205	873
3	Cities, Climate Change, Governance, Infrastructure, Planning, Resilience, Sustainable, Transportation, Urban.	1.332	240	1.302
4	Internet Of Things, Smart Cities, Smart City, Sustainable Development, Urban Development, Urban Infrastructure	1.136	164	841
5	Environment, Infrastructure Planning, Sustainability, Urban Generation.	964	91	785

Berdasarkan Gambar 10 dan Tabel 7 terlihat bahwa klaster yang sering muncul adalah cluster pertama, yakni terkait ekosistem dan infrastruktur hijau. Pembahasan pada cluster pertama tersebut juga dikaitkan dengan keterhubungan sebesar 268 dan total kekuatannya 1.311, dimana keterhubungan dan total kekuatannya paling tinggi dibanding cluster lainnya. Pembahasan terkait peran infrastruktur yang berkelanjutan di perkotaan juga sangat penting karena dapat menjaga keberlanjutan suatu kota kedepannya (Sasongko, 2023). Selain itu pembahasan mengenai infrastruktur yang berkelanjutan di perkotaan juga

banyak wilayah/negara yang mulai mengimplementasikan *sustainable urban infrastructure*, hal ini dibuktikan dari hasil ekstraksi data sebesar 8369 dikumen publikasi penelitian pada laman scopus yang banyak membahas mengenai *sustainable urban infrastructure* dengan kata kunci meliputi *Sustainability*, *Sustainability Development*, *Green Infrastructure*, *Urban Planning*, *Infrastructure* dan lain-lain. Mulai banyaknya wilayah/negara dan penelitian yang berfokus pada *sustainable urban infrastructure* merupakan suatu hal positif untuk semakin mengembangkan dan meningkatkan penelitian serta pengimplementasian di seluruh wilayah/negara berkembang maupun maju.

Merujuk hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan menunjukkan adanya suatu potensi dan tantangan dalam penelitian terkait *sustainable urban infrastructure*. Hasil analisis *keyword* menunjukkan bahwa dokumen penelitian banyak yang membahas mengenai *Sustainability* hingga *Urban Green Infrastructure*. Berdasarkan Gambar 11, beberapa topik seperti *Sustainability*, *Environment*, *Urban Infrastructure*, dan sebagainya mulai dibahas pada tahun 2017-2018. Selanjutnya, mulai tahun 2018-2019 para peneliti mengangkat beberapa topik seperti *Stormwater Management*, *Transportation*, *Urbanization* dan lain-lain sebagai topik yang diangkat pada penelitian pada tahun tersebut. Setelah itu, mulai tahun 2019-2020 semakin banyak topik yang diangkat dalam penelitian seperti *smart city*, *urban green infrastructure*, *ecosystem resilience*, dan masih banyak lagi. Meninjau adanya hal-hal tersebut maka dapat menjadi potensi dan tantangan penelitian kedepannya mengenai beberapa topik yang masih cukup tertinggal atau jarang dicermati oleh peneliti sebelumnya.

4. KESIMPULAN

"Tren Perkembangan Penelitian Infrastruktur Perkotaan Berkelanjutan: Analisis Bibliometrik" mengungkapkan bahwa infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan memainkan peran kunci dalam mengatasi tantangan urbanisasi global yang terus berkembang. Melalui analisis bibliometrik menggunakan VOSviewer, penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi dan kompleksitas topik. Berdasarkan *Hot Research and Topic Analysis* terdapat 5 subject utama dalam pembahasan *Sustainable Urban Infrastructure* antara lain ekosistem dan infrastruktur hijau, GIS dan mobilitas, kota dan pemerintahan serta IoT dan *Smart Cities*. Namun, hasil analisis *keyword* menunjukkan bahwa meskipun banyak dokumen penelitian yang membahas mengenai "*sustainability*," topik seperti "*stormwater management*" masih relatif jarang dibahas.

Output dari analisis bibliometrik ini mengungkapkan adanya jaringan kolaborasi yang kuat antara peneliti dan institusi di berbagai negara, memperlihatkan peta hubungan dan interaksi yang mempercepat perkembangan pengetahuan dan inovasi di bidang ini. Visualisasi *overlay* juga menunjukkan tren temporal, menyoroti periode-periode penting di mana penelitian dan kontribusi signifikan telah dibuat.

Implikasi dari temuan ini adalah bahwa keberhasilan pembangunan infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan memerlukan pendekatan yang terintegrasi dan kolaboratif. Oleh karena itu, disarankan untuk meningkatkan kerjasama lintas disiplin dan internasional, yang tidak hanya akan memperkaya perspektif tetapi juga memfasilitasi transfer teknologi dan praktik terbaik. Selain itu, dukungan kebijakan yang proaktif dan berbasis bukti sangat penting untuk mendorong penelitian lebih lanjut dan implementasi solusi infrastruktur berkelanjutan. Pembuat kebijakan harus mempertimbangkan hasil penelitian ini dalam perencanaan dan pengambilan keputusan untuk memastikan bahwa pembangunan perkotaan tidak hanya efisien dan ramah lingkungan tetapi juga inklusif dan berkelanjutan secara sosial.

Rekomendasi spesifik meliputi peningkatan kolaborasi internasional, pendanaan dan dukungan kebijakan, integrasi teknologi dan inovasi, serta pendidikan dan kesadaran publik tentang pentingnya infrastruktur berkelanjutan. Penelitian ke depan juga harus mencermati topik-topik yang masih kurang diteliti seperti *stormwater management*, yang dapat menjadi bidang penelitian potensial dan menawarkan solusi penting untuk tantangan infrastruktur perkotaan yang lebih luas. Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, diharapkan dapat tercipta lingkungan perkotaan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan inklusif, yang mampu menghadapi tantangan urbanisasi di masa depan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini.

6. REFERENSI

- Ahvenniemi, H., Huovila, M., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the Differences between Sustainable and Smart Cities? *Cities*, 60 Part A, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
- Arruda, H., Silva, E. R., Lessa, M., Proença, D., & Bartholo, R. (2022). VOSviewer and Bibliometrix. *Journal of the Medical Library Association : JMLA*, 110(3), 392–395. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1434>
- Beksultanova, A. I., Gaisumova, L. J., & Sadueva, M. A. (2021). The Role of Infrastructure in Sustainable Development. *SHS Web of Conferences*, 128, 01008. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112801008>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Creutzig, F., Jochem, P., Edelenbosch, O. Y., Mattauch, L., Van Vuuren, D. P., McCollum, D., & Minx, J. (2015). Transport: A Roadblock to Climate Change Mitigation? *Science*, 350(6263), 911–912. <https://doi.org/10.1126/science.aac8033>
- Durieux, V., & Pierre, G. (2010). Bibliometric Indicators: Quality Measurements of Scientific Publication. *Radiology*, 255(2), 342–351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1148/radiol.09090626>
- Fagbemi, F., Osinubi, T. T., & Adeosun, O. A. (2022). Enhancing sustainable infrastructure development: A boon to poverty reduction in Nigeria. *World Development Sustainability*, 1(August 2021), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100006>
- Herawati, P., Utami, S. B., & Karlina, N. (2022). Analisis Bibliometrik: Perkembangan Penelitian Dan Publikasi Mengenai Koordinasi Program Menggunakan Vosviewer. *Jurnal Pustaka Budaya*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.31849/pb.v9i1.8599>
- Jalilov, S. M., Kefi, M., Kumar, P., Masago, Y., & Mishra, B. K. (2018). Sustainable Urban Water Management: Application for Integrated Assessment in Southeast Asia. *Sustainability (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010122>
- Jayakaran, A. D., Moffett, K. B., Padowski, J. C., Townsend, P. A., & Gaolach, B. (2020). Green Infrastructure in Western Washington and Oregon: Perspectives from a Regional Summit. *Urban Forestry and Urban Greening*, 50(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126654>
- Keeble, B. R. (1988). The Brundtland Report: “Our Common Future.” *Medicine and War*, 4(1), 17–25. <https://doi.org/10.1080/074880088088408783>
- Klimanova, O., Kolbowski, E., & Illarionova, O. (2018). Impacts of Urbanization on Green Infrastructure Ecosystem Services: The Case Study of Post-Soviet Moscow. *Belgeo. Revue Belge de Géographie*, 4. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/belgeo.30889>
- Kuzior, A., & Sira, M. (2022). A Bibliometric Analysis of Blockchain Technology Research Using VOSviewer. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14138206>
- Masoumi, H. E. (2019). A discrete choice analysis of transport mode choice causality and perceived barriers of sustainable mobility in the MENA region. *Transport policy*, 79, 37–53.
- McKinsey. (2016). Global Media Report 2016. In *Global Industry Overview*.
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining Urban Resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- Moros, L., Puerto, S., Monroy, D., Achaval-Torre, J., & Rueda, X. (2021). How Can Economic Incentives Designed for Environmental Conservation Support a Transition to Sustainable and Equitable Agriculture? *Commission on Sustainable Agriculture Intensification*, 42p, 1–48. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/10568/119419>
- Morrissey, J., Iyer-Raniga, U., McLaughlin, P., & Mills, A. (2012). A Strategic Project Appraisal Framework for Ecologically Sustainable Urban Infrastructure. *Environmental Impact Assessment Review*, 33(1), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.10.005>
- Nandiyanto, A. B. D., & Al Husaeni, D. F. (2021). A Bibliometric Analysis of Materials Research in Indonesian Journal Using Vosviewer. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 9, 1–16. <https://doi.org/10.36909/jer.ASSEE.16037>
- Nawang Sari, A. T., Junjuran, I., Dwi, R., & Mulyono, A. P. (2020). Sustainability Reporting: Sebuah Analisis Bibliometrik Pada Database Scopus. *Journal of Applied Accounting and Taxation Article History*, 5(2), 137–157.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.30871/jaat.v5i2.2182>
- Noverina, M. (2010). Fenomena Urbanisasi dan Kebijakan Penyediaan Perumahan dan Permukiman di Perkotaan Indonesia. *Masyarakat Indonesia*, 36(2), 103–124.
- O'Donnell, E. C., Lamond, J. E., & Thorne, C. R. (2017). Recognising Barriers to Implementation of Blue-Green Infrastructure: a Newcastle Case Study. *Urban Water Journal*, 14(9), 964–971. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1279190>
- Pandit, A., Minné, E. A., Li, F., Brown, H., Jeong, H., James, J. A. C., Newell, J. P., Weissburg, M., Chang, M. E., Xu, M., Yang, P., Wang, R., Thomas, V. M., Yu, X., Lu, Z., & Crittenden, J. C. (2017). Infrastructure Ecology: an Evolving Paradigm for Sustainable Urban Development. *Journal of Cleaner Production*, 163, S19–S27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.010>
- Pesta, B., Fuerst, J., & Kirkegaard, E. O. W. (2018). Bibliometric Keyword Analysis Across Seventeen Years (2000–2016) of Intelligence Articles. *Journal of Intelligence*, 6(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/jintelligence6040046>
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J. M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A. D., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Johnston, R. B., Mathers, C., Mäusezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., ... Cairncross, S. (2014). Burden of Disease from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene in Low- and Middle-Income Settings: a Retrospective Analysis of Data From 145 Countries. *Tropical Medicine and International Health*, 19(8), 894–905. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>.
- Putra, A & Djalante, S. (2016). Pengembangan Insfratraktur Pelabuhan Dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan. *Ilmiah Media Engineering Vol.6*, 6(2), 84–93.
- Rahmawati, Y., Febriyana, M. M., Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., & Suendarti, M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Game Edukasi: Analisis Bibliometrik Menggunakan Software VOSViewer (2017-2022). *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 13(2), 257–266. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v13i2.13170>
- Sarjana, S. (2021). Urban Public Transportation Perspective in Meta-Analysis Study. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(2), 277–287. <https://doi.org/10.14710/mkts.v27i2.40635>
- Sarjana, S. (2022). Analisis Bibliometrik Transit-Oriented Development. *Warta Penelitian Perhubungan*, 34(2), 149–160. <https://doi.org/10.25104/warlit.v34i2.1816>
- Sasongko, I. (2023). Pengembangan Berkelanjutan Penyediaan Infrastrukstur pada Kawasan Pemukiman Secara Berkelanjutan. PT. Muara Karya (IKAPI).
- Seto, K. C., Golden, J. S., Alberti, M., & Turner, B. L. (2017). Sustainability in an urbanizing planet. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(34), 8935–8938. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606037114>
- Setoa, K. C., Güneralpa, B., & Hutyrac, L. R. (2012). Global Forecasts of Urban Expansion to 2030 and Direct Impacts on Biodiversity and Carbon Pools. *PNAS*, 109(40), 16083–16088.
- Shen, L. Y., Jorge Ochoa, J., Shah, M. N., & Zhang, X. (2011). The Application of Urban Sustainability Indicators - a Comparison between Various Practices. *Habitat International*, 35(1), 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.03.006>
- Singh, K., & Steinberg, F. (1996). Integrated Urban Infrastructure Development in Asia. *Habitat International*, 20(1), 1–3.
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Yusuf, R., Auliani, R., & Rijal, S. (2023). Peran Perencanaan Kota Berkelanjutan dalam Mengatasi Krisis Air Perkotaan: Integrasi Infrastruktur Hijau, Teknologi Pemantauan, dan Kebijakan Publik. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(09), 770–779. <https://doi.org/10.58812/jmws.v2i09.628>
- Wei, J., Qian, J., Tao, Y., Hu, F., & Ou, W. (2018). Evaluating Spatial Priority of Urban Green Infrastructure for Urban Sustainability in Areas of Rapid Urbanization: a Case Study of Pukou in China. *Sustainability (Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/su10020327>
- Wijaya, W. V., Maulidina, C. P., Sunarto, S. A., & Zulzilah, S. (2023). Analisis Bibliometrik Terhadap Trend Riset “Halal Tourism” Menggunakan Vosviewer. *Jurnal Sosial Humaniora dan Pendidikan*, 2(3), 127–138. <https://doi.org/10.56127/jushpen.v2i3.1168>
- World Bank. (2022). *Urban Development Overview*.
- Zhang, L., Zhuang, Y., Ding, Y., & Liu, Z. (2023). Infrastructure and Poverty Reduction: Assessing the Dynamic Impact of Chinese Infrastructure Investment In Sub-Saharan Africa. *Journal of Asian Economics*, 84(2699), 101573. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2022.101573>.